

**Modular solar collector has solar cell connection leads with deformable elongated deviation regions**

Patent Number: DE19848682  
Publication date: 2000-05-04  
Inventor(s): MELCHIOR BERND (DE)  
Applicant(s): BLUE PLANET AG VADUZ (LI)  
Requested Patent: ☐ DE19848682  
Application: DE19981048682 19981022  
Priority Number(s): DE19981048682 19981022  
IPC Classification: H01L31/05; H01R4/02; H01R4/04; H01B5/04;  
EC Classification: H01B5/02, H01L31/05  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

A solar collector has solar cell connection leads (2) with a deformable elongated deviation region (31). A solar collector has planar solar cells (12) connected by leads (2) having a deviation region (31) in a plane parallel to the cell plane. The deviation region is extremely shallow in the transverse direction or at least not significantly thicker than the cells, is highly deformable in its plane and forms an extra length, along the geometrical connection path between the cell connections, which is not consumed by thermal length changes over the entire possible temperature range of solar collector use.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Off nlegungsschrift  
10 DE 198 48 682 A 1

51 Int. Cl.7:  
H 01 L 31/05  
H 01 R 4/02  
H 01 R 4/04  
H 01 B 5/04  
H 01 B 1/20

21 Aktenzeichen: 198 48 682.0  
22 Anmeldetag: 22. 10. 1998  
43 Offenlegungstag: 4. 5. 2000

DE 198 48 682 A 1

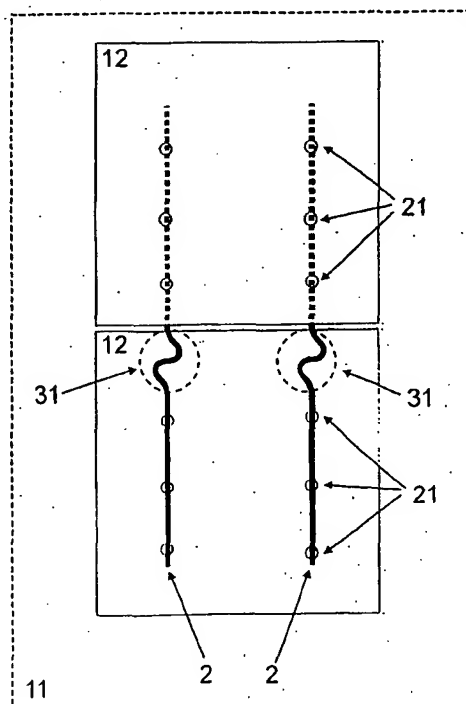
71 Anmelder:  
Blue Planet AG, Vaduz, LI  
74 Vertreter:  
Bauer, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 50968  
Köln

72 Erfinder:  
Melchior, Bernd, 42929 Wermelskirchen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

54 Elektrischer Solarkollektor mit zwei flachen, ebenen, stückigen Solarzellen und mindestens einer elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung

57 Die Erfindung bezieht sich auf einen elektrischen Solarkollektor (1) mit mindestens zwei flachen, ebenen, stückigen Solarzellen (12), die auf einem mechanischen Träger angeordnet sind und die elektrisch leitfähige Anschlußpunkte (21) aufweisen, welche über mindestens eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung (2), insbesondere zwei elektrisch leitfähige Verbindungsleitungen (2), elektrisch miteinander verbunden sind. Die Verbindungsleitung (2) besteht aus mindestens einem einzelnen elektrischen Leiter, der mindestens eine einzelne Leiter und im Falle mehrerer einzelner Leiter jeweils jeder einzelne dieser mehreren elektrischen Leiter einen Umwegbereich (3) hat, a) der sich im wesentlichen in einer Ebene parallel zur Ebene der Solarzellen (12) befindet und in Querrichtung hierzu möglichst flach ist, jedenfalls nicht wesentlich dicker als die Dicke der Solarzellen (12) ist, b) der in seiner Ebene möglichst kraftlos verformbar ist und c) der dabei entlang der geometrischen Verbindungsstrecke zwischen den elektrisch leitfähigen Anschlußpunkten (21) soviel zusätzliche Länge ausbildet, daß im gesamten Temperaturbereich, für den ein Einsatz des Solarkollektors (1) möglich ist, der Umwegbereich (3) nicht durch die thermischen Längenänderungen aufgezehrt wird.



DE 198 48 682 A 1

## Beschreibung

Moderne elektrische Solarkollektoren sind im allgemeinen aus einer Mehrzahl von Solarmodulen zusammengesetzt, welche wiederum aus einer Vielzahl einzelner Solarzellen bestehen. Unter Solarzellen versteht man einstückig zusammenhängende, i.a. plattenförmige Strukturen aus halbleitenden Materialien, insbesondere aus verschiedenartig dotiertem ein- oder polykristallinem Silizium oder Germanium. Das halbleitende Material kann auf einem Träger aufgebracht sein. In diesen i.a. einen p-n-Übergang realisierenden Halbleiterstrukturen erfolgt die Umwandlung von optischer Einstrahlung in elektrische Energie.

In einem Solarmodul werden verschiedene Solarzellen zu einer mechanischen und elektrischen Einheit zusammengefaßt, d. h. auf einem mechanischen Träger montiert, z. B. auf einer Platte aus Metall oder Kunststoff, und oftmals in einem geschlossenen Gehäuse verkapselt. Einzelne Solarzellen liefern einstrahlungs- und lastabhängig Spannungen von wenigen Volt, die zwischen der Ober- und der Unterseite der plattenförmigen Struktur anliegen. Daher werden die einzelnen Solarzellen eines Moduls im allgemeinen in einer Reihenschaltung innerhalb des Moduls elektrisch leitend miteinander verbunden, d. h. die Oberseite einer ersten Solarzelle wird elektrisch leitend mit der Unterseite einer zweiten Solarzelle verbunden, um technisch besser handhabbare Spannungen zu erzielen. Aus dem Modul wird ein Anschluß an die in Reihe geschalteten Solarzellen herausgeführt.

In einem Solarkollektor wiederum werden i.a. mehrere Solarmodule zu einer elektrischen und in manchen Fällen auch mechanischen Einheit zusammengefaßt. Die einzelnen Module eines Solarkollektors werden zur Leistungserhöhung oftmals parallel geschaltet. Diese elektrische Verbindung beruht meist auf konventionellen Kabeltechniken und verursacht daher auch im Dauerbetrieb im allgemeinen nur wenige Probleme.

Hingegen ist die elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den einzelnen Solarzellen eines Moduls bislang problematisch. Um die aktive Fläche eines Solarmoduls zu maximieren, wird eine möglichst geringe "Totfläche" (d. h. Gesamtfläche des Moduls abzüglich der aktiven Fläche der Solarzellen) angestrebt. Hieraus resultiert die Forderung nach einem möglichst geringen Platzbedarf der Verbindungen zwischen den einzelnen Solarzellen. Dies wird oftmals durch bandförmige metallische Leiter geringer Dicke zwischen einzelnen Solarzellen realisiert. Elektrisch leitfähige Verbindungen zwischen halbleitender Solarzelle und bandförmigem metallischem Leiter können mit einer Vielzahl von Kontaktierungsmethoden erzeugt werden, insbesondere mittels Löt-, Klebe-, Ultraschallschweißverfahren sowie speziellen Lasertechniken.

Werden derartige Verbindungen jedoch mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, so kann dies zu Beschädigungen der Kontakte führen, woraus insbesondere steigende Übergangswiderstände oder sogar eine vollständige Unterbrechung der elektrisch leitenden Verbindung resultieren können. Hieraus ergeben sich Leistungsabnahmen des betroffenen Solarmoduls bis hin zu seinem völligen Ausfall.

Solarkollektoren sind für den Betrieb in einem vom Hersteller spezifizierten Temperaturintervall ausgelegt. Wegen der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der diversen verwendeten Materialien wie beispielsweise Solarzellen, Metallverbinder, eventueller Trägermaterialien und Verkapselungen führen Temperaturschwankungen innerhalb dieses Temperaturintervalls zu mechanischen Beanspruchungen der oben genannten Kontakte. Auch wenn die Verbindungen zwischen den Solarzellen so ausge-

legt sind, daß sie die bei vollständigem Überstreichen des zulässigen Temperaturintervalls auftretenden Längenänderungen vollständig kompensieren, so treten auch bei geringen Änderungen der Umgebungsbedingungen ständig geringe mechanische Beanspruchungen der Kontakte auf. Diese an sich kleinen, aber stetig wechselnden mechanischen Beanspruchungen können im Dauerbetrieb zu einer Beschädigung der Kontakte bis hin zu ihrem völligen Ausfall führen.

Eine nicht spannungsfreie Montage von Kollektoren kann ebenfalls mechanische Beanspruchungen der Kontakte mit daraus resultierender Beeinträchtigung der elektrischen Leitfähigkeit der Kontakte verursachen. Auch für diese Beanspruchung der elektrisch leitfähigen Verbindungen ist eine Möglichkeit zur Zug- und Druckspannungs-Entlastung vorteilhaft.

Die Bedeutung des Kontaktierungsproblems ist aus Fachveröffentlichungen zu ersehen [siehe z. B. H. Schmid in Sonnenenergie 2/97, S. 35ff], die das Problem als Hauptausfallursache von Solarmodulen im Dauerbetrieb bezeichnen. Diese Veröffentlichungen setzen sich intensiv mit der Identifikation von defekten Verbindungen zwischen Solarzellen innerhalb eines Moduls auseinander, jedoch sind bisher keine technischen Lösungen bekannt, die sich auf die eigentliche Ursache der Ausfallerscheinungen, auf das Kontaktproblem beziehen.

Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel, das Problem der durch mechanische Spannungen verursachten Kontaktprobleme bei der Verbindung einzelner Solarzellen innerhalb eines Moduls, insbesondere die Erhöhung des Übergangswiderstands bzw. die vollständige Unterbrechung von elektrisch leitenden Verbindungen zwischen den einzelnen Solarzellen eines Solarmoduls zu lösen oder wenigstens wesentlich zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel erreicht durch die Verwendung elektrisch leitfähiger Verbindungselemente, die einen Umwegbereich zwischen den Solarzellen einschließen, wobei dieser Umwegbereich im wesentlichen in der Ebene der Solarzellen liegt und in Querrichtung dazu möglichst flach ist, jedenfalls nicht wesentlich dicker als die Dicke der Solarzellen, der sich in seiner Ebene möglichst kraftlos verformen läßt und dabei entlang der Verbindungsstrecke zwischen den Anschlußpunkten soviel zusätzliche Länge ausbildet, daß im gesamten Temperaturbereich, in dem ein Einsatz des Solarkollektors möglich ist, der Umwegbereich nicht durch die thermischen Längenänderungen aufgezehrt wird.

Die Verbindung von Solarzellen in Modulen mittels erfindungsgemäßen Verbindungsleitungen einschließlich Umwegstrecken bietet diverse Vorteile, die im folgenden kurz erläutert werden sollen. Durch die Integration einer Umwegstrecke in die elektrisch leitfähige Verbindungsleitung zwischen den zu verbindenden Solarzellen, die weitgehend kraftfrei in ihrer Ebene zuverformen und in ihrer Länge passend bemessen ist, können alle, beispielsweise durch thermische Längenänderungen oder durch nicht spannungsfreie Montage der Module verursachten mechanischen Spannungen in den elektrisch leitenden Verbindungen zwischen benachbarten Solarzellen aufgefangen werden. Dies gilt sowohl für Spitzenbelastungen als auch für Dauerbelastungen.

Durch Verlegung der Umwegstrecke in die Ebene der elektrisch leitfähigen Verbindung bleibt der zusätzliche Raumbedarf durch die Umwegstrecke gering. Dies bedeutet, daß die Solarzellen auch bei Verwendung erfindungsgemäßer Verbindungsleitungen raumoptimal zu Solarmodulen verpackt werden können.

Die nötige Elastizität des bandförmigen Verbindungselements in seiner Ebene, d. h. die erforderliche seitliche Flexi-

bilität, kann durch verschiedene Ausführungen des erfindungsgemäßen Verbindungselements realisiert werden, die den Unteransprüchen 2, 3 und 4 und den Ausführungsbeispielen entnommen werden können. Dies hat zur Folge, daß die Belastungen der Kontaktpunkte so klein gehalten werden können, daß weder bei Ausnutzung des gesamten zulässigen Temperaturintervalls noch bei Langzeiteinsätzen unter häufig wechselnden Umgebungsbedingungen Überlastungen bzw. Ermüdungserscheinungen auftreten, die zum Versagen der elektrisch leitfähigen Verbindungen zwischen den Solarzellen führen können.

Weitere Merkmale und Vorteile finden sich in den Unteransprüchen sowie der nun folgenden, nicht einschränkend zu verstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert werden. In dieser zeigen:

Fig. 1 eine Aufsicht auf zwei benachbarte Solarzellen 12 eines Solarmoduls 11, die durch zwei elektrisch leitfähige Verbindungsleitungen 2 mit S-förmigem Umwegbereich 3 verbunden sind,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines elektrisch leitfähigen Bandes, welches den Grundkörper der in Fig. 3, Fig. 5 und Fig. 6 gezeigten bandförmigen Verbindungsleitungen 2 bildet, und aus welcher sein Querschnitt ersichtlich ist,

Fig. 3 eine Aufsicht auf eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung 2, deren längenmäßige und seitliche Flexibilität durch Spleißung erhöht ist,

Fig. 4 eine Aufsicht auf eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung 2, die aus einer Vielzahl von Einzeldrähten 22 besteht,

Fig. 5 eine Aufsicht auf zwei benachbarte Solarzellen 12, die durch zwei elektrisch leitfähige Verbindungsleitungen 2 mit V-förmigem Umwegbereich 32 verbunden sind, und

Fig. 6 eine Seitenansicht zweier benachbarter Solarzellen 12, die durch eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung 2 mit wellenförmigem Umwegbereich 33 verbunden sind.

Kennzeichen a) und b) des Anspruchs 1 einer elektrisch leitfähigen Verbindung zwischen zwei Solarzellen 12 sind mindestens eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung 2, die einen Umwegbereich 3 zwischen den Solarzellen 12 aufweist, der senkrecht zur Ebene der Solarzellen 12 möglichst flach ist (Kennzeichen a)) und in der Ebene der Solarzellen 12 möglichst kraftlos zu verformen ist (Kennzeichen b)). Dieser Umwegbereich 3 soll soviel zusätzliche Länge ausbilden, daß im gesamten Temperaturbereich, in dem ein Betrieb des Solarkollektors 1 möglich ist, alle zwischen den zu verbindenden Solarzellen 12 auftretenden Abstandsänderungen kompensiert werden (Kennzeichen c)).

Den diskutierten Ausführungsbeispielen soll der folgende Aufbau eines Solarkollektors 1 zugrundeliegen: Der Solarkollektor 1 besteht aus mindestens einem Solarmodul 11, insbesondere zwei Solarmodulen 11, welche jeweils mindestens eine, insbesondere zwei Solarzellen 12 umfassen. Die zu einem Solarkollektor 1 zusammengefaßten Solarmodule 11 sind mittels konventioneller Kabeltechniken elektrisch miteinander verbunden. Die wiederum zu einem Solarmodul 11 zusammengefaßten Solarzellen 12 sind mittels mindestens einer, insbesondere zwei erfindungsgemäßen Verbindungsleitungen 2 elektrisch leitend miteinander verbunden.

Allen im folgenden diskutierten Ausführungsbeispielen ist gemein, daß die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen 2 zwischen einzelnen Solarzellen 12 an jeweils einem oder mehreren Kontaktpunkten 21 mit den Solarzellen 12 elektrisch leitend verbunden sind. Die Verbindung an den Kontaktpunkten 21 kann beispielsweise mittels Lötens, (Ultraschall-)Schweißen, Kleben oder speziellen Lasertechni-

ken erstellt werden.

Weiterhin ist allen im folgenden diskutierten Ausführungsbeispielen gemein, daß die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen 2 aus metallischen Leitern bestehen. Die Ausführungsbeispiele können jedoch auch mit Verbindungsleitungen 2 aus elektrisch leitfähigen Polymeren realisiert werden.

Fig. 1 zeigt zwei benachbarte Solarzellen 12, die mittels einer erfindungsgemäßen Verbindungsleitung 2 verbunden sind. Gezeigt ist hier eine mögliche Realisierung des Umwegbereichs 3. Dieser besteht aus einem S-förmigen Bereich 3 der Verbindungsleitung 2 zwischen den Solarzellen 12. Der S-förmige Bereich 31 erstreckt sich im wesentlichen in der Ebene der Solarzellen 12. Er befindet sich oberhalb der unten in Fig. 1 dargestellten Solarzelle 12. Der Abstand zwischen den Solarzellen 12 ist sehr gering, er beträgt unter fünf Millimeter, vorzugsweise unter 3 Millimeter. Bei thermischer Ausdehnung des Kollektors 1 wird der S-förmige Bereich 31 gestreckt, wobei die durch den S-förmigen Bereich 31 eingefügte zusätzliche Länge so bemessen ist, daß die im zulässigen Temperaturintervall auftretenden maximalen Längenänderungen durch den Umwegbereich 3 vollständig kompensiert werden können.

Fig. 2 zeigt den Querschnitt des bandförmigen Grundkörpers der in Fig. 3, Fig. 5 und Fig. 6 gezeigten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen 2.

Eine in Fig. 1 gezeigte Verbindungsleitung 2 kann beispielsweise wie in Fig. 3 gezeigt ausgeführt werden. Die Verbindungsleitung 2 wird vorzugsweise aus einem metallischen Band mit geringem spezifischen Widerstand gefertigt, insbesondere eignen sich Kupfer, Silber oder Gold. Die seitliche Flexibilität eines metallischen Bandes, dessen Dicke  $d$  typischerweise weniger als einen Millimeter, insbesondere weniger als 250 Mikrometer beträgt, wird erhöht durch die in Fig. 3 gezeigte Formgebung. Das metallische Band weist regelmäßige Einschnedungen auf, die geöffnet werden, so daß eine gitterartige Struktur entsteht. Diese gitterartige Struktur weist gegenüber einem nicht durchbrochenen Band gleicher Dicke  $d$  ein wesentlich verringertes Schermodul in der Ebene des Bandes auf, so daß eine im wesentlichen kraftlose Verformung des vom Band gebildeten Umwegbereichs 3 in seiner Ebene möglich ist.

Die erforderlichen Abmessungen des bandförmigen Leiters, insbesondere sein Querschnitt, hängen vom Gesamtstrom  $I$  ab, der bei elektrischer Maximallast am Solarkollektor 1 über die Verbindungsleitung 2 fließt. Der Gesamtstrom muß über eine Verbindungsleitung 2 fließen, deren Gesamtwiderstand ausreichend klein bemessen ist, um eine solche Wärmebelastung aufgrund des Stromflusses zu vermeiden, die die Dauerhaltbarkeit des (eingeschnittenen) Bandes und der Kontaktpunkte 21 verringern kann. Der Gesamtwiderstand der Verbindungsleitung 2 hängt vom spezifischen Widerstand des gewählten Metalls, von der Länge der Verbindungsleitung 2 und vom Gesamtquerschnitt der Verbindungsleitung 2 ab.

Ist der erforderliche Bandquerschnitt bestimmt, kann die Flexibilität der Verbindungsleitung 2 in der Ebene der Solarzellen 12 maximiert werden, indem eine möglichst große Dicke  $d$  und eine möglichst kleine Breite  $b$  des Bandes gewählt wird.

Um die Solarzellen 12 mit optimaler Raumausnutzung in einem Modul 11 verpacken zu können, darf der Platzbedarf der verbundenen Solarzellen 12 durch Einfügen der Verbindungsleitungen 2 nicht wesentlich, insbesondere nicht erhöht werden. Daher ist es vorteilhaft, wenn die Dicke der Verbindungsleitung 2 einschließlich des Umwegbereichs 3 nicht mehr als das dreifache der Dicke der Solarzellen 12, insbesondere nicht mehr als ihre einfache Dicke beträgt, wie

in Anspruch 8 gefordert.

Eine weitere vorteilhafte Realisierung einer elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung 2, mit deren Hilfe ein erfindungsgemäßer Umwegbereich 3, wie er in Fig. 1 gezeigt ist, realisiert werden kann, ist in Fig. 4 gezeigt. Anstelle eines bandförmigen Leiters wird hier eine Verbindungsleitung 2 aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen Einzeldrähten 22 verwendet, die mechanisch miteinander zusammenhängen, insbesondere verflochten sind oder zu einem Schlauch gestrickt sind. Die Dicke des Schlauches kann verringert werden, indem er flachgedrückt wird. Als Material für die Einzeldrähte 22 eignen sich wiederum Metalle mit geringem spezifischem Widerstand, insbesondere Kupfer, Silber oder Gold. Der Durchmesser eines Einzeldrahtes beträgt typischerweise unter einem Millimeter, vorzugsweise weniger als 250 Mikrometer, insbesondere weniger als 100 Mikrometer. Die zu einer netz- oder schlauchartigen Struktur verbundenen Einzeldrähte 22 weisen ein niedriges Schermodul in der Ebene der Solarzellen 12 auf, so daß eine im wesentlichen kraftlose Verformung des Umwegbereichs 3 in der Ebene der Solarzellen 12 möglich ist.

Die erforderliche Zahl der Einzeldrähte 22 hängt vom Gesamtstrom ab, der bei elektrischer Maximallast am Solarkollektor 1 über die Verbindungsleitung 2 fließt. Der Gesamtstrom muß über eine Verbindungsleitung 2 fließen, deren Gesamtwiderstand ausreichend klein bemessen ist, um eine solche Wärmebelastung aufgrund des Stromflusses zu vermeiden, die die Dauerhaltbarkeit der Einzeldrähte 22 und der Kontaktpunkte 21 verringern kann. Der Gesamtwiderstand der Verbindungsleitung 2 hängt vom spezifischen Widerstand des gewählten Metalls, von der Länge der Verbindungsleitung 2 und vom Gesamtquerschnitt der Verbindungsleitung 2 (der gleich der Summe der Querschnitte der Einzeldrähte 22 ist) ab.

Auch hier kann die Flexibilität der Verbindungsleitung 2 in der Ebene der Solarzellen 12 maximiert werden, wenn der erforderliche Bandquerschnitt bestimmt ist, indem eine möglichst große Dicke  $d$  und eine möglichst kleine Breite  $b$  der Verbindungsleitung 2 gewählt wird. Dabei kann und sollte auch hier die Randbedingung des Anspruchs 8 beachtet werden.

Fig. 5 zeigt wiederum zwei benachbarte Solarzellen 12, die mittels einer erfindungsgemäßen Verbindungsleitung 2 verbunden sind. Gezeigt ist hier eine weitere vorteilhafte Realisierung des Umwegbereichs 3. Dieser besteht aus einem V-förmigen Bereich 32 der Verbindungsleitung 2 zwischen den Solarzellen 12. Der V-förmige Bereich 32 erstreckt sich in der Ebene der Solarzellen 12. Die Verbindungsleitungen 2 bestehen aus wiederum aus metallischen Bändern, deren Abmessungen denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels entsprechen. Die V-förmigen Umwegbereiche 32 entstehen durch Einfügen mehrerer Knicke in die Verbindungsleitung 2, insbesondere durch eine Sequenz bestehend aus einem Knick von etwa  $+45^\circ$ , gefolgt von einem Knick von etwa  $-90^\circ$  und einem Knick von etwa  $+45^\circ$ . Die Knicke können beispielsweise durch Faltung des elektrisch leitfähigen Bandes realisiert werden. Die Sequenz der Winkeländerungen ist dadurch charakterisiert, daß keine Gesamtänderung des Winkels auftritt, d. h. die geraden Enden des metallischen Bandes fluchten.

Bei thermischer Ausdehnung des Kollektors 1 wird der V-förmige Bereich 32 gestreckt, wobei die durch den V-förmigen Bereich 32 eingefügte zusätzliche Länge so bemessen ist, daß die im zulässigen Temperaturintervall auftretenden maximalen Längenänderungen durch den Umwegbereich 3 vollständig kompensiert werden können.

Wiederum gilt, daß die erforderlichen Abmessungen des bandförmigen Leiters, insbesondere sein Querschnitt, vom

Gesamtstrom abhängen, der bei elektrischer Maximallast am Solarkollektor 1 über die Verbindungsleitung 2 fließt. Der Gesamtstrom muß über eine Verbindungsleitung 2 fließen, deren Gesamtwiderstand ausreichend klein bemessen ist, um eine solche Wärmebelastung aufgrund des Stromflusses zu vermeiden, die die Dauerhaltbarkeit des Bandes und der Kontaktpunkte 21 verringern kann. Der Gesamtwiderstand der Verbindungsleitung 2 hängt vom spezifischen Widerstand des gewählten Metalls, von der Länge der Verbindungsleitung 2 und vom Gesamtquerschnitt der Verbindungsleitung 2 ab.

Wenn der erforderliche Bandquerschnitt bestimmt ist, kann auch in diesem Ausführungsbeispiel die Flexibilität der Verbindungsleitung 2 in der Ebene der Solarzellen 12 maximiert werden, indem eine möglichst kleine Dicke  $d$  und eine möglichst große Breite  $b$  des Bandes gewählt wird. Dabei kann und sollte auch hier die Randbedingung des Anspruchs 8 beachtet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung einer elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung 2 ist aus Fig. 6 ersichtlich. Als elektrisch leitfähige Verbindungsleitung 2 wird ein flaches Metallband mit geringem spezifischen Widerstand verwendet, insbesondere eignen sich Kupfer, Silber oder Gold. Die Dicke  $d$  des metallischen Bandes beträgt typischerweise weniger als einen Millimeter, insbesondere weniger als 250 Mikrometer. Der erfindungsgemäße Umwegbereich 3 wird durch die Einführung eines wellenförmigen Bereichs 33 realisiert, der sich im wesentlichen in der Ebene senkrecht zur Ebene der Solarzellen 12 erstreckt. Der wellenförmige Bereich 33 befindet sich zwischen zwei benachbarten Solarzellen 12. Die Wellenform ist frei, insbesondere können sinusartige oder dreieckige Formen realisiert werden. Die gewählte Wellenlänge ist kleiner als der Abstand der auf verschiedenen Solarzellen 12 liegenden, zunächst benachbarten mechanischen 23 oder elektrischen 21 Anschlußpunkte, vorzugsweise kleiner als der Abstand der zu verbindenden Solarzellen 12.

Die Einführung eines wellenförmigen Bereichs 33 in die Verbindungsleitung 2 erhöht ihre Elastizität dergestalt, daß eine im wesentlichen kraftlose Längenänderung des Bandes möglich ist. Bei thermischer Ausdehnung des Kollektors 1 wird der wellenförmige Bereich 33 gestreckt, wobei die durch den wellenförmigen Bereich 33 eingefügte zusätzliche Länge so bemessen ist, daß die im zulässigen Temperaturintervall auftretenden maximalen Längenänderungen durch den wellenförmigen Bereich 33 vollständig kompensiert werden können.

Zur Optimierung des Platzbedarfs kann die Amplitude des wellenförmigen Bereichs 33 klein gewählt werden, insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Dicke der Verbindungsleitung 2 einschließlich des Umwegbereichs 3 nicht mehr als das dreifache der Dicke der Solarzellen 12, insbesondere nicht mehr als ihre einfache Dicke beträgt, wie in Anspruch 8 gefordert.

Wiederum gilt, daß die erforderlichen Abmessungen des bandförmigen Leiters vom Gesamtstrom abhängen, der bei elektrischer Maximallast am Solarkollektor 1 über die Verbindungsleitung 2 fließt. Der Gesamtstrom muß über eine Verbindungsleitung 2 fließen, deren Gesamtwiderstand ausreichend klein bemessen ist, um eine solche Wärmebelastung aufgrund des Stromflusses zu vermeiden, die die Dauerhaltbarkeit des (gewellten) Bandes und der Kontaktpunkte 21 verringern kann. Der Gesamtwiderstand der Verbindungsleitung 2 hängt vom spezifischen Widerstand des gewählten Metalls, von der Länge der Verbindungsleitung 2 und vom Gesamtquerschnitt der Verbindungsleitung 2 ab.

Ist der erforderliche Bandquerschnitt bestimmt, kann die Flexibilität der Verbindungsleitung 2 in der Ebene der Solar-

zellen 12 maximiert werden, indem eine möglichst geringe Dicke  $d$  und eine möglichst große Breite  $b$  des Bandes gewählt wird.

Desweiteren kann die Dauerbelastbarkeit aller beschriebenen Leitungsverbindungen 2 erhöht werden, indem die Leitungen aus Metallen bzw. Legierungen ausgeführt werden, die eine erhöhte Dauerbelastbarkeit bezüglich Scherbelastungen aufweisen.

Eine weitere Möglichkeit, die Dauerbelastbarkeit der erfindungsgemäßen Leitungsverbindung 2, insbesondere der elektrischen Anschlußpunkte 21 zwischen Leitungsverbindung 2 und Solarzelle 12 zu erhöhen, besteht darin, zusätzlich zu den elektrisch leitfähigen Anschlußpunkten 21 mechanische Anschlußpunkte 23 einzufügen. Diese mechanischen Anschlußpunkte 23 sind mechanisch stärker belastbare Klebe-, Löt-, oder Schweißverbindungen zwischen Verbindungsleitung 2 und Solarzelle 12, die nicht elektrisch leitfähig ausgeführt sein müssen, sondern eine rein mechanische Haltefunktion erfüllen müssen.

#### Patentansprüche

1. Elektrischer Solarkollektor (1) mit mindestens zwei flachen, ebenen, stückigen Solarzellen (12), die auf einem mechanischen Träger angeordnet sind und die elektrisch leitfähige Anschlußpunkte (21) aufweisen, welche über mindestens eine elektrisch leitfähige Verbindungsleitung (2), insbesondere zwei elektrisch leitfähige Verbindungsleitungen (2), elektrisch miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleitung (2) aus mindestens einem einzelnen elektrischen Leiter besteht, daß der mindestens eine einzelne Leiter und im Falle mehrerer einzelner Leiter jeweils jeder einzelne dieser mehreren elektrischen Leiter einen Umwegbereich (3) hat, a) der sich im wesentlichen in einer Ebene parallel zur Ebene der Solarzellen (12) befindet und in Querrichtung hierzu möglichst flach ist, jedenfalls nicht wesentlich dicker als die Dicke der Solarzellen (12) ist, b) der in seiner Ebene möglichst kraftlos verformbar ist und c) der dabei entlang der geometrischen Verbindungsstrecke zwischen den elektrisch leitfähigen Anschlußpunkten (21) soviel zusätzliche Länge ausbildet, daß im gesamten Temperaturbereich, für den ein Einsatz des Solarkollektors (1) möglich ist, der Umwegbereich (3) nicht durch die thermischen Längenänderungen aufgezehrt wird.
2. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Verbindungsleitung (2) aus einem Metall oder einer metallischen Legierung besteht.
3. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleitung (2) aus einem elektrisch leitfähigen Polymer, beispielsweise Polyanilin besteht.
4. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleitung (2) aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen Einzeldrähten besteht, die miteinander zusammenhängen, insbesondere verflochten sind oder einen rund gestrickten Schlauch, der flachgedrückt ist, bilden (Fig. 4).
5. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleitung (2) hergestellt ist aus einem flachen, elektrisch leitfähigen Band durch regelmäßiges Einschneiden und Öffnen, so daß eine gitterartige Struktur entsteht (Fig. 3).
6. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die Verbindungsleitung (2) hergestellt ist aus einem flachen elektrisch leitfähigen Band, und der Umwegbereich (32) realisiert ist durch Einfügen einer Sequenz von Winkeländerungen, die gesamte Winkeländerung jedoch Null beträgt, insbesondere durch eine Sequenz von  $+45^\circ$ ,  $-90^\circ$  und  $+45^\circ$  und die Winkeländerungen beispielsweise durch Faltung des elektrisch leitfähigen Bandes realisiert sind (Fig. 5).

7. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsleitung (2) ein in sehr kurzen Abständen gewelltes und eine sehr kleine Höhe in Wellrichtung aufweisendes elektrisch leitfähiges Band ist (Fig. 6).

8. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Verbindungsleitung (2) einschließlich des Umwegbereichs (3) nicht größer ist als die dreifache, vorzugsweise nicht größer ist als die einfache Dicke der Solarzellen (0,5 mm).

9. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Verbindungsleitung (2) aus einem Metall, insbesondere einer Metall-Legierung besteht, welches/welche eine erhöhte Dauerbelastbarkeit gegenüber elastischen Verformungen aufweist.

10. Elektrischer Solarkollektor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu den elektrischen Anschlußpunkten (21), an denen die Solarzellen (12) mit der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung (2) elektrisch leitend verbunden sind, weitere Verbindungspunkte (23) existieren, die eine rein mechanische Verbindung zwischen den Solarzellen (12) und der Verbindungsleitung (2) realisieren, die insbesondere in Klebe-, Löt- oder Schweißtechnik ausgeführt sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

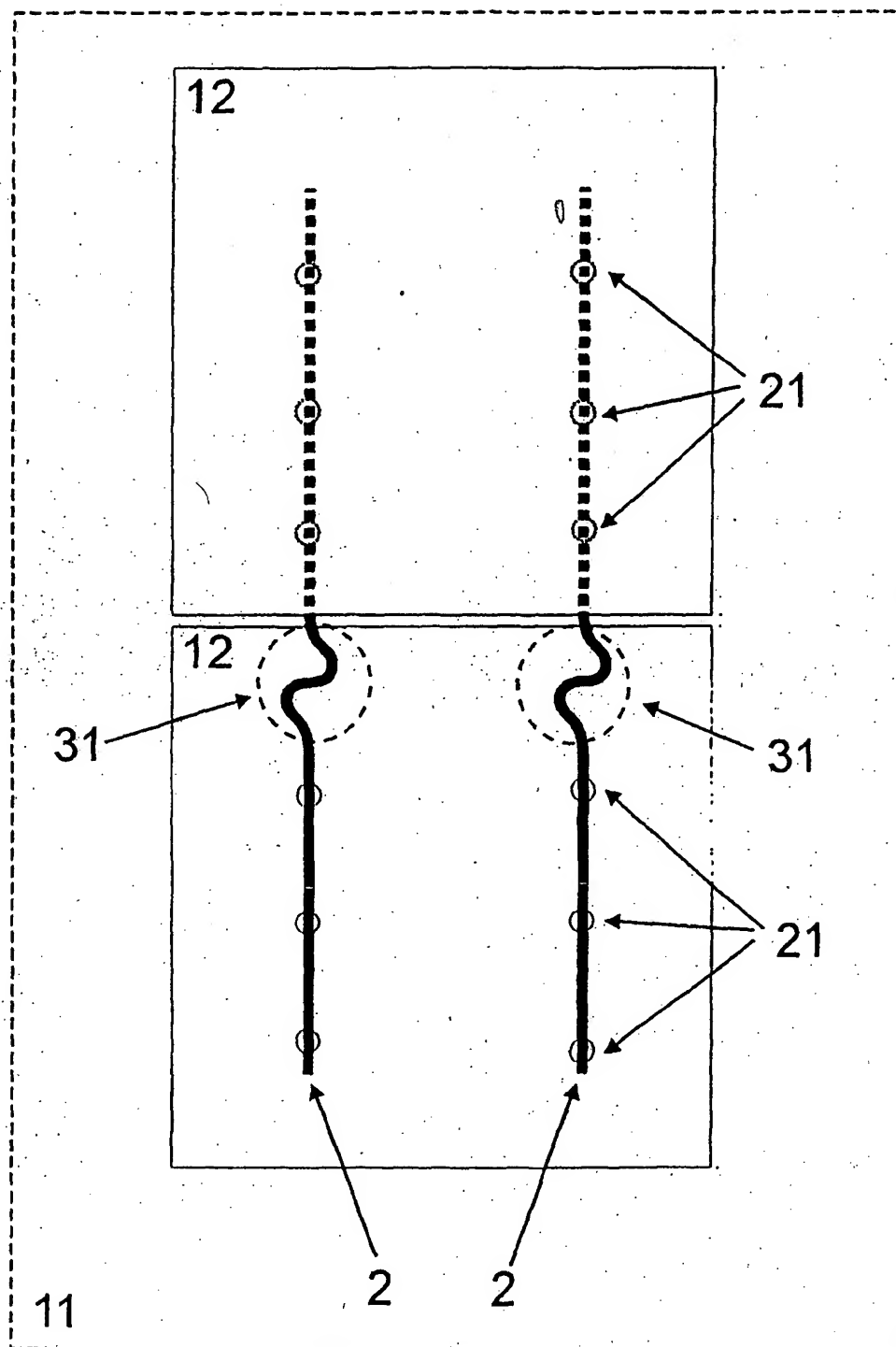


Fig. 1

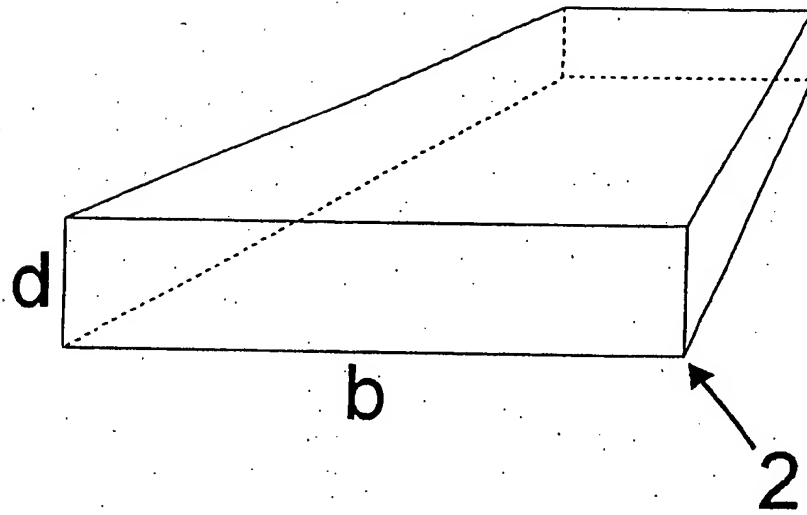


Fig. 2

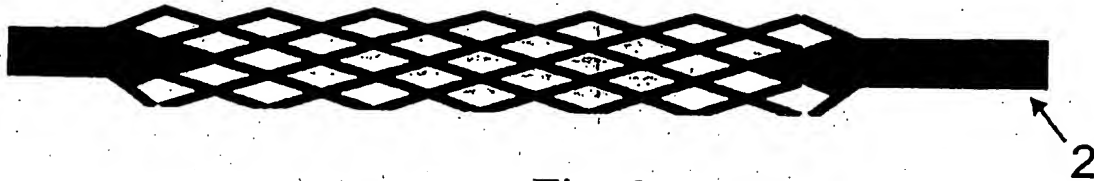


Fig. 3

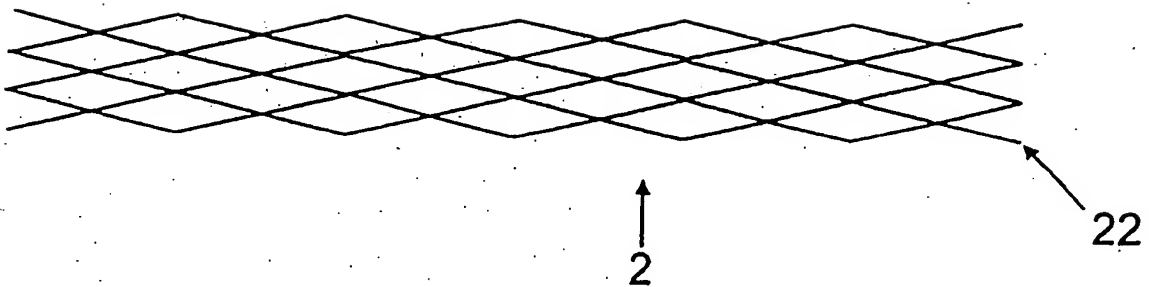


Fig. 4



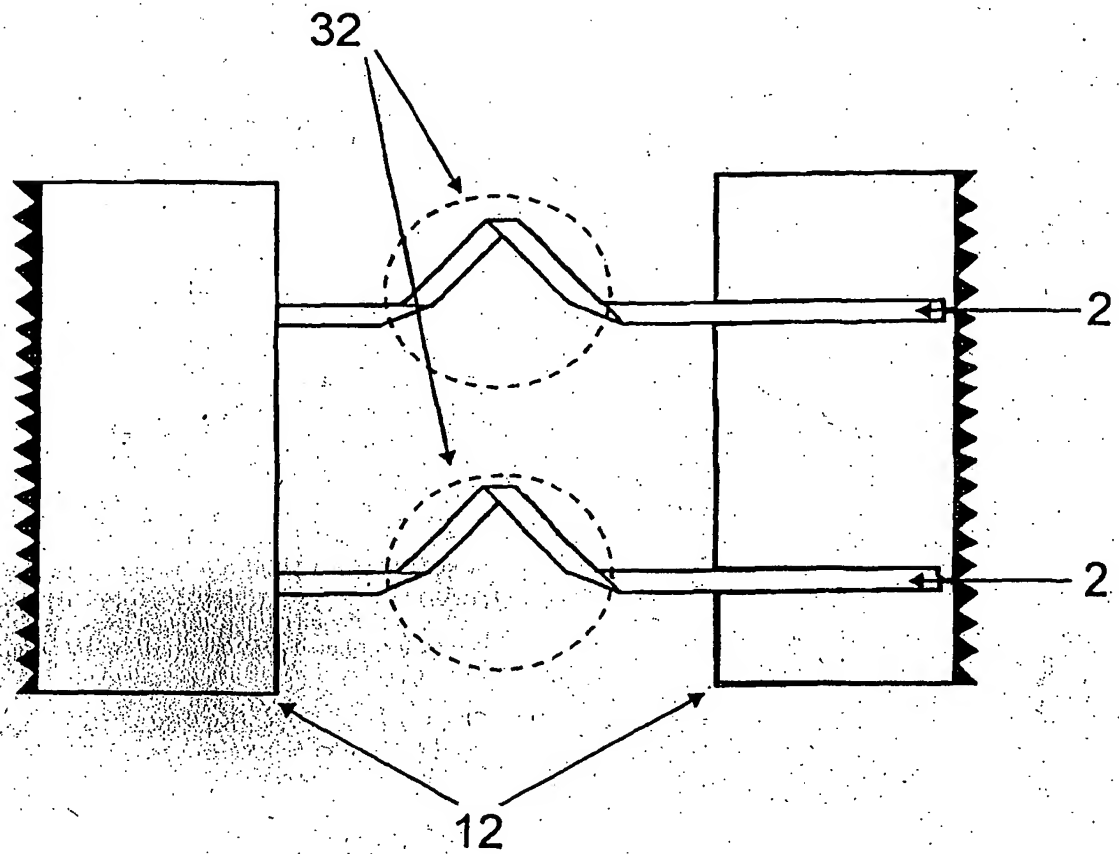


Fig. 5

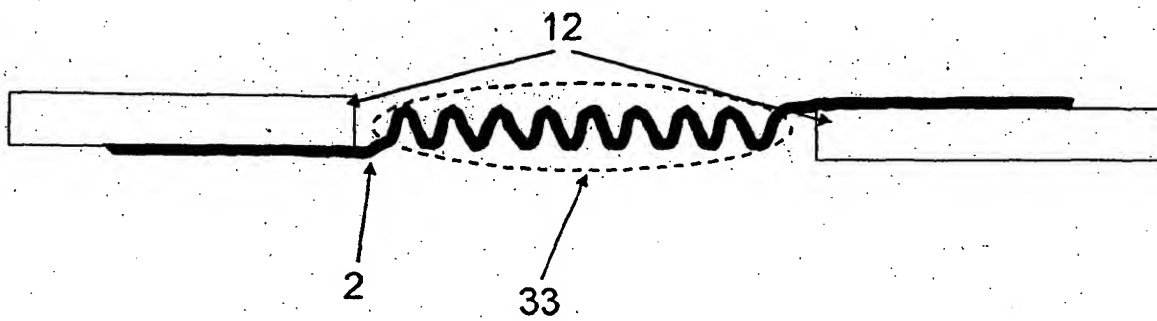


Fig. 6